

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-215019

(43)Date of publication of application : 11.08.1998

(51)Int.Cl. H01S 3/10  
H04J 14/00  
H04J 14/02  
H04B 10/02  
H04B 10/18

(21)Application number : 09-306538

(71)Applicant : NORTHERN TELECOM LTD

(22)Date of filing : 21.10.1997

(72)Inventor : ROBERTS KIM BYRON

(30)Priority

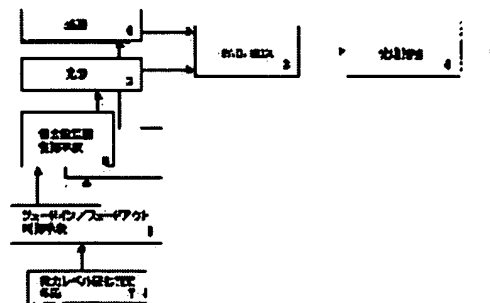
Priority number : 96 735759 Priority date : 23.10.1996 Priority country : US

## (54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND MULTIPLE OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress power change before the change of the electric power reaches a sensing element, to improve the system performance and to decrease the power margin by judging the possible change of the optical electric power and reducing the above described electric power.

**SOLUTION:** A phase-in.phase-out control means 6 performs the supply to an electric-power setting-value controller 5 arranged in the respective light source. The means 6 is operated so that the preset value is changed for the output of one light source in correspondence with a change judging means 7 for outer stimulus. This outer stimulus has the instruction form, which, for example, one switch of the light sources is turned off for maintenance and reconstitution. In this case, by turning off the switch suddenly, the total optical electric power is sufficiently changed, and the disturbance is applied to the optical amplifier. Thus, hit errors are caused. Therefore, one or both of the light sources are controlled, and a microcontroller gradually decreases the output electric power of the suitable light source.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-215019

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月11日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10

H 0 1 S 3/10

Z

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

M

H 0 4 B 10/02

10/18

審査請求 未請求 請求項の数20 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-306538

(22) 出願日 平成9年(1997)10月21日

(31) 優先権主張番号 08/735759

(32) 優先日 1996年10月23日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390023157

ノーザン・テレコム・リミテッド  
NORTHERN TELECOM L I  
M I T E D

カナダ国, エイチ2ワイ 3ワイ4, ケベ  
ック, モントリオール, エスティ. アント  
イン ストリート ウェスト 380 ワー  
ルド トレード センタ オブ モントリ  
オール 8フロア

(72) 発明者 キム・パイロン・ロバーツ

イギリス国, エイエル8, 7エルディー,  
ハーツ, ウェルウィン ガーデン シティ  
ー, シェラーズ パーク ロード 41

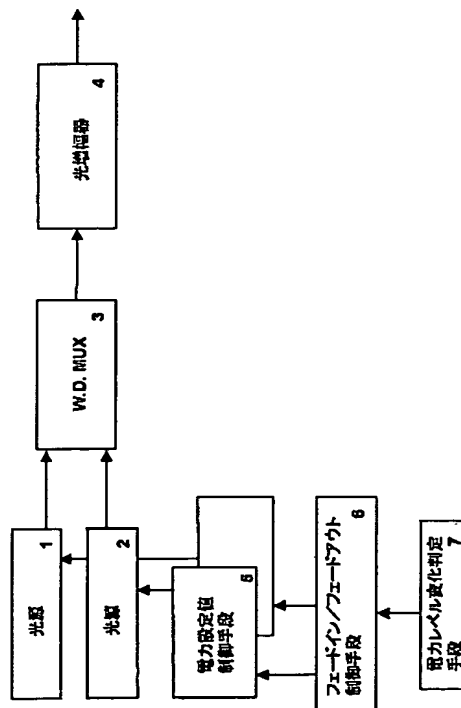
(74) 代理人 弁理士 泉 和人

(54) 【発明の名称】 光伝送システムおよび多重光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 光信号の電力レベルの変化を有効に減衰させる光伝送システムを提供する。

【解決手段】 光伝送システムにおいて、光信号を、その信号の光電力の変化を感知する光素子に送信する。光電力の変化を予測し、それを、送信機の出力電力を制御することで、あるいは、外部減衰素子を制御することによって減衰させる。WDMシステムに対しては、全電力に急速な変化を起こさずに（この変化は、下流側の光増幅器の出力に擾乱を与え、ビットエラーを引き起こす）、波長を付加または除去する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少くとも1つの光信号を、その光信号の光電力の変化を感知する光素子に送信するステップと、前記光電力が変化するであろうことを判定するステップと、

前記判定に応じて、前記光素子に入力された信号電力の変化を減衰させるステップとを備えることを特徴とする光伝送システムの動作方法。

【請求項2】 前記変化の判定は、電力レベルの変更指示を遮断することによって実行されることを特徴とする請求項1記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項3】 前記変化の判定は、前記光電力を測定し、かつ、その測定より推論を行うことで実行されることを特徴とする請求項1あるいは2記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項4】 複数の波長帯域にある複数の信号が送信され、前記減衰ステップは、1あるいはそれ以上の波長帯域を個別に減衰するステップを含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項5】 1つの波長帯域での電力変化が判定され、また、前記減衰ステップは、前記複数の波長帯域の少なくとも他の1つについての電力レベルに、徐々に変化を減少させる補正を適用することによって、全電力の変化を減衰させるステップを備えることを特徴とする請求項4記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項6】 前記減衰ステップは、前記光信号の光源の出力電力を制御するステップを備えることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項7】 さらに、所定の最大変化率を有する制御ループを用いて、前記光源の出力電力を制御するステップを備え、また、前記減衰ステップは、低い変化率で実行されることを特徴とする請求項6記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項8】 前記光素子は光増幅器であり、また、複数の波長帯域が送信され、当該方法は、さらに、波長帯域の集合における電力に応じて、この増幅器の電力出力を制御するステップを備えることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項9】 さらに、変化量に応じて所望の減衰率を判定し、また、その変化を完了する所望の時間を判定するステップを備えることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項10】 前記減衰ステップは、前記変化を補正するために、安定化光信号の電力レベルを制御するステップを備えることを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の光伝送システムの動作方法。

【請求項11】 光伝送システムの送信機の制御方法において、

前記送信機の出力電力の変更指示を、いつ受信したかを判定するステップと、

その命令に応じて、前記送信機の通常の応答速度より遅い速度で、前記出力電力を変化させるステップとを備えることを特徴とする光伝送システムの送信機の制御方法。

【請求項12】 光伝送システムにおける光電力減衰素子の制御方法において、

この光電力減衰素子の入力側における光電力の変化が、いつあるかを判定するステップと、

前記光電力減衰素子の出力が低速で、対応する変化をなすように、前記光電力の変化を減衰させるステップとを備えることを特徴とする光伝送システムにおける光電力減衰素子の制御方法。

【請求項13】 光信号を送信する手段と、

前記光信号の光電力の変化を感知する光素子と、

前記光電力が変化するであろうことを判定する手段と、前記変化を判定する前記手段に応じて、前記光素子へ入力される信号の変化を減衰させる手段とを備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項14】 光伝送システム用の送信機において、前記送信機の出力電力の変更指示を、いつ受信したかを判定する手段と、

前記指示を、前記送信機の通常の応答速度より遅い速度で前記出力電力を変更する指示に変換する手段とを備えることを特徴とする光伝送システム用の送信機。

【請求項15】 制御素子の入力端における光電力の変化を判定する手段と、

前記素子の出力が低速で、出力側において、対応する変化をなすように制御する手段とを備えることを特徴とする光伝送システム用の減衰システム。

【請求項16】 複数の光信号を送信するとともに、光電力の変化を感知する素子を備える多重光伝送システムの動作方法において、

前記素子の上流側の光経路に安定化信号を導くステップと、

この安定化信号の電力を制御して、送信した他の信号の少なくともいくつかの電力レベルの変化を補償するステップとを備えることを特徴とする多重光伝送システムの動作方法。

【請求項17】 前記安定化信号は情報の搬送に使用され、かつ、他の信号の少なくともいくつかよりも許容範囲の大きい電力遷移状態を有していることを特徴とする請求項16記載の多重光伝送システムの動作方法。

【請求項18】 前記情報は、他の信号の少なくともいくつかによって搬送された情報に比べて低速で搬送されることを特徴とする請求項16あるいは17記載の多重光伝送システムの動作方法。

【請求項19】 他の信号の少なくともいくつかによって搬送される情報の優先度と比較して、優先度の低い情

報が前記安定化信号によって搬送されることを特徴とする請求項16乃至18のいずれかに記載の多重光伝送システムの動作方法

【請求項20】 前記情報は、他の信号の少なくともいくつかによって搬送された情報よりも、より多くの冗長度を含むことを特徴とする請求項16乃至19のいずれかに記載の多重光伝送システムの動作方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システムおよび多重光伝送システムに関し、より詳しくは、光伝送システムの動作方法、光伝送システムの送信機の制御方法、光伝送システムの光電力減衰素子の制御方法、光伝送システム、光伝送システム用の送信機、光伝送システム用の減衰システム、そして、多重光伝送システムの動作方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光伝送システムにおける光信号の電力レベルによって、再生装置あるいは増幅器間の距離が制限され、また、この電力レベルは、検出ビット中におけるエラーを回避するために、慎重に制御する必要がある。

【0003】光電力が高すぎる信号は、ファイバ中において、その信号を劣化させる自己位相変調のような非線形性の影響を被りやすい。これにより、信号中にビットエラーかフレーム喪失が生じる。このような非線形性の影響は、特に10Gb/s、あるいはそれ以上のビット伝送速度において過酷なものとなる。非線形劣化は非常に急激に現れることがあり、電力レベルが、たった1dBあるいは2dB増加するだけで、信号を最適な状態から機能しない状態に追いやる。また、光電力が低すぎる信号は、光リンクによる減衰の後、ノイズ劣化を被りやすい。

【0004】エルビウム注入ファイバ増幅器は、一度にいくつかの波長を増幅しているときには、振幅遷移状態を引き起こす。2つの波長という単純な例について考えると、仮にポンプ電力が一定に保たれているときに、その内の1つ波長が除去されると、もう一方の波長における出力電力は、3dB増加する。この遷移状態の速度は、ポンプ電力、および、エルビウム注入されたファイバの応答によって決まり、速度はマイクロ秒である。

【0005】第2の波長を加えることで、第1の波長が示す出力電力に、同様な3dBの低下が起こる。

【0006】波長分割多重システムでは、一般的に、稼働中のシステムに新たな波長を加える必要がある。これは、グレードアップによって必要になったり、あるいは、装置を交換することに起因して必要となるものである。波長はまた、装置を交換するとき、あるいは、システムを再構築するときに、除去する必要がある。

【0007】1つの波長において、光信号の電力が急激に変わると、もう一つの信号が、その最適な電力レベル

から、高過ぎたり、あるいは低過ぎる電力へと動かされる。光システムの設計においては、電力マージンをとらなければならない、そうすることで、他の最悪条件と組み合わせられたとき、最悪の遷移状態の間においても、データはエラーなしの状態が維持される。このマージンを許すことは、そのシステムで利用できる機能を低下させることになり、例えば、最大許容増幅器間隔が減る。

【0008】受信機を含む様々な光学素子は、電力変化を感知することができる。たとえ適切な静止電力範囲にあっても、急速な電力遷移状態は、依然としてビットエラーを引き起こす。例えば、受信機において、遷移状態が自動利得制御(AGC)の応答速度より速ければ、受信機の電子装置は、直ちに過負荷となりうる。これら歪んだ状態が、エラーを引き起こすことになる。

【0009】遷移状態の間、電気信号は、判定コンパレータにおいて、予想以上に大きい、あるいは小さい状態にある。論理レベル間のアイパターンが動き、それにより、アイ中において誤った位置に判定閾値が設定され、それがビットエラーを引き起こす。

【0010】さらに、振幅遷移状態が、クロック回復回路において、許容ジッタ範囲を上回る位相遷移状態を引き起こし、それがさらには、ビットエラーを引き起こす程のものとなる。付加されるか、あるいは削除される信号以外の、波長によって搬送される信号は、エラーなしのままである、ということが重要である。

【0011】米国特許第5,088,095号(AT&T)から分かることは、光増幅器における帯域外レイジングによる利得クランプが、さらにその増幅器における電力遷移状態に対する応答を改善することになる、ということである。しかし、これは、通常の増幅器よりも、さらに多くのポンプ電力を必要とし、それを供給することは高価なものとなる。

【0012】また、この米国特許第5,088,095号(AT&T)で確認できるのは、増幅器入力における電力変化を検出することによって、増幅器出力を安定にし、また、ポンプ電力制御回路において、逆の補償変化を誘発することが知られていた、ということである。

【0013】液体窒素中で光増幅器を冷却することは、光波技術ジャーナル(第13巻、No.5、1995年5月)の782~790頁に、ゴールドスタイン(Goldstein)らによる「トランスペアレントな多波長光波ネットワーク用の不均一広帯域化ファイバ増幅器カスケード」に示されており、ここでは、異なる波長を個別に飽和させ、波長間での電力遷移状態のクロストークを抑止している。しかしながら、これは、現場で使う装置用としては実際のでない。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記3つの方法は、一旦、その遷移状態が感度の高い素子に達した場合、利得制御を改善することによって、光増幅システムにおいて

## 5

一つのチャネルがもう一つのチャネルに及ぼす遷移的な影響を除去するか、あるいは最小にするよう試みる方法である。従って、これらの方法では、光素子や光増幅器に対して擾乱を与える光信号の電力レベルの変化を有効に抑止できない、という問題がある。

【0015】本発明の目的とするところは、上記の方法を改善することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は以下の構成を備える。

【0017】本発明の第1の態様によれば、少なくとも1つの光信号を、その光信号の光電力の変化を感知する光素子に送信するステップと、上記光電力が変化するであろうことを判定するステップと、上記判定に応じて、上記光素子に入力された信号電力の変化を減衰させるステップとを備える光伝送システムの動作方法が提供される。

【0018】好ましくは、電力レベルの変更指示が遮断される。また、好ましくは、変化の判定は、光電力を測定し、かつ、その測定より推論を行うことで実行される。さらに、好ましくは、光信号は複数の波長帯域からなり、減衰ステップは、1あるいはそれ以上の波長帯域を個別に減衰するステップを含む。

【0019】好ましくは、1つの波長帯域での電力変化が判定され、また、減衰ステップは、複数の波長帯域の少なくとも他の1つについての電力レベルに、徐々に変化を減少させる補正を適用することによって、全電力の変化を減衰させる。また、好ましくは、減衰ステップには、光信号の光源の出力電力を制御するステップが含まれる。

【0020】好ましくは、本発明はさらに、所定の最大変化率を有する制御ループを用いて、光源の出力電力を制御するステップを備え、また、減衰ステップは、低い変化率で実行される。

【0021】好ましくは、光素子は光増幅器であり、本発明に係る方法は、さらに、波長帯域の集合における電力に応じて、この増幅器の電力出力を制御するステップを備える。

【0022】好ましくは、本発明はさらに、変化量に応じて所望の減衰率を判定し、また、その変化を完了する所望の時間を判定するステップを備える。

【0023】好ましくは、減衰ステップは、変化を補正するために、安定化光信号の電力レベルを制御するステップを備える。

【0024】本発明の他の態様によれば、送信機の出力電力の変更指示を、いつ受信したかを判定するステップと、その命令に応じて、上記送信機の通常の応答速度より遅い速度で、上記出力電力を変化させるステップとを備える光伝送システムの送信機の制御方法が提供される。

## 6

【0025】本発明の他の態様によれば、光電力減衰素子の入力側における光電力の変化が、いつあるかを判定するステップと、上記光電力減衰素子の出力が低速で、対応する変化をなすように、上記光電力の変化を減衰させるステップとを備える光伝送システムにおける光電力減衰素子の制御方法が提供される。

【0026】本発明の他の態様によれば、光信号を送信する手段と、上記光信号の光電力の変化を感知する光素子と、上記光電力が変化するであろうことを判定する手段と、上記変化を判定する上記手段に応じて、上記光素子へ入力される信号の変化を減衰させる手段とを備える光伝送システムが提供される。

【0027】本発明の他の態様によれば、光伝送システム用の送信機において、上記送信機の出力電力の変更指示を、いつ受信したかを判定する手段と、上記指示を、上記送信機の通常の応答速度より遅い速度で上記出力電力を変更する指示に変換する手段とを備える光伝送システム用の送信機が提供される。

【0028】本発明の他の態様によれば、制御素子の入力端における光電力の変化を判定する手段と、上前記素子の出力が低速で、出力側において、対応する変化をなすように制御する手段とを備える光伝送システム用の減衰システムが提供される。

【0029】本発明のさらなる態様によれば、複数の光信号を送信するとともに、光電力の変化を感知する素子を備える多重光伝送システムの動作方法において、上記素子の上流側の光経路に安定化信号を導くステップと、この安定化信号の電力を制御して、送信した他の信号の少なくともいくつかの電力レベルの変化を補償するステップとを備える当該多重光伝送システムの動作方法が提供される。

【0030】好ましくは、安定化信号は情報の搬送に使用される。また、好ましくは、情報が低速で搬送される。さらに、好ましくは、情報が低速で搬送され、あるいは、冗長度を大きくして搬送される。

【0031】

【発明の実施の形態】図1は、光源1、2、波長分割多重回路3、光増幅器4を含む光伝送システムを示す。通常、この光増幅器4は、光経路を構成する光ファイバによって起こる減衰をなくすために、リンクの下流側、数十あるいは数百キロメートルの距離において必要となる。この伝送システムによってカバーされる距離に応じて、光源1、2と受信機（不図示）との間には、多数の増幅器が組み込まれる。原理的には、本発明は、一つの波長帯を用いるシステム、または、偏波多重あるいは時分割多重のような他の種類の多重化方法を使用するシステムに適用できる。

【0032】図1はまた、各々の光源（通常は、レーザ）に配された電力設定値制御手段5を示している。図示されたフェードイン／フェードアウト制御手段6は、

## 7

電力設定値制御手段5に対して供給を行う。このフェードイン／フェードアウト制御手段6は、電力レベル変化判定手段7にตอบสนองして動作できる。

【0033】実際は、電力設定値制御手段5、フェードイン／フェードアウト制御手段6、電力レベル変化判定手段7の機能は、従来のマイクロ・コントローラ内で実行される。フェードイン／フェードアウト制御手段6は、外部の刺激に応じて、一つの光源の出力電力に対して設定値を徐々に変えるよう動作する。

【0034】この外部刺激は、例えば、メンテナンスや再構成をするために、光源の一つのスイッチを切るという指示形式をとる。この場合、突然、スイッチを切ることによって、全光電力が十分に变化することになり、また、それが光増幅器に擾乱を与え、ビットエラーを引き起こす。そこで、光源の一方あるいは両方を制御しているマイクロ・コントローラが、適切な光源の出力電力を徐々に減少させる。

【0035】この刺激はまた、特定の光源がある故障の危険に瀕していることを示す警告信号のように、時おり、他のソースから来ることもある。この刺激は、検出器から来ることもあり、それは、メンテナンス要員が、メンテナンスあるいは交換のために、光源を具備するカードを抜き始めていることを示している。

【0036】後述する2つの場合、設定値の変化の割合が比較的速く（例えば、1秒か2秒）、光源が故障するか、あるいは切り離される前にフェードアウトが確実に終わるようにできることが適切となる。

【0037】そうでなければ、フェードアウトを約60秒の期間に延ばし、例えば、AGC回路によって光増幅器のポンプ電力を調節するようにして、ビットエラーが起こる可能性を最小にすることができる。

【0038】出力電力の設定値のフェードインについても、対応する方法で開始することができる。例えば、光源が再接続されたことが検出されたとき、あるいは、警告のスイッチが切断されたとき、あるいは、波長を付加する指示が与えられたときである。

【0039】図2は、他の実施の形態を示す。送信機21、22は、電力制御機能を含んでいる。この送信機からの光出力は、波長分割多重機能部25へ送られる前に、減衰器23、24に送られる。全電力制御部27へは、光タップ26により供給が行われる。全光電力を安定レベルに維持するため、全電力制御部27は、減衰器23、24、および／または、送信機21、22用の個々の出力電力制御部を制御する。この全電力制御、および個々の送信機電力制御は、従来のマイクロ・コントローラを用いて実行される。これらの減衰器23、24は、減衰素子として動作し、出力電力中のいかなる変化をも減衰する。

【0040】従って、送信機のスイッチを入れる前に減衰器を制御して、実質的には何も通過させないようにも

## 8

できる。送信機のスイッチを入れた後、減衰器を徐々に制御することで、信号出力電力を徐々に増加させる。同様に、送信機のスイッチが切られることになっている場合、そのスイッチ切断の前に減衰器23を制御して、出力信号電力を徐々に減衰することができる。

【0041】さらに、その電力レベルが変化した送信機21の補償については、異なる波長と関連する、減衰器24を制御することによって行うことができる。例えば、送信機21のスイッチが入れられる際、減衰器24を制御して、他の送信機（送信機22）より発生した信号の電力出力を減衰させることができる。これは、電力変化が起こるであろうことを必ずしも判定することなく、また、その変化を必ずしも減衰することなく、本発明の2番目の態様がどのように実行できるかを示している。上記の補償は、安定化信号として、1あるいはそれ以上の波長帯を使用することで実行される。この安定化信号の電力を制御するのに減衰器を用いることは、必須のことではない。例えば、レーザの出力電力は、以下に述べるように制御できる。

【0042】図2には2つの送信機のみが示されており、図1には、2つの光源だけが示されているが、言うまでもなく、それ以上であってもよいし、また、同様な動作原理を適用できる。

【0043】図3は、レーザ出力電力の制御に関与する主要なハードウェア素子の概略を示す。レーザ31は、外部変調器32に対して供給を行い、その出力は、光タップ33を介して供給される。光信号の一部分は、光電変換器34（通常は、PINダイオード）を介してフィードバックされる。通常、マイクロ・コントローラ36への供給を行うA/D（アナログ／デジタル）変換器35の前段で、増幅が行われる。

【0044】これによって、マイクロ・コントローラ36へは、レーザの出力電力に対応した値が供給される。この電力値は、数十kHzか数百kHzの速さで更新される。数MHzあるいは数十MHzのクロック速度で動作しているマイクロ・コントローラ36は、制御アルゴリズムを実行し、レーザのバイアス電流を制御することによって、その出力電力を調節できる。デジタル／アナログ（D/A）変換器37は、増幅器38による増幅のため、マイクロ・コントローラ36の出力をアナログ形式に変換する。

【0045】マイクロ・コントローラ36は、他の入力として、例えば、異なる波長で動作する複数のレーザを制御し、W. D. M（波長分割多重）システムにおける多重化装置に供給を行う、もう一つの全体制御部からの指示を受信する。さらに、このマイクロ・コントローラ36は、機械式センサから、送信機が接続を断たれているか、あるいは取り外されているかを示す入力を受信する。さらに、マイクロ・コントローラ36は、同一のカード上で発生した警報信号や、図3に示す他のハードウ



ェア素子からの入力、あるいは、離れた場所にある光伝送システムのその他の部分からの入力を受信する。

【0046】図4は、図3に示すマイクロ・コントローラ36、あるいは、図2に示す減衰器のような減衰素子用の対応コントローラによって実行される制御ステップのいくつかを示すフローチャートである。

【0047】第1のステップ(S41)では、出力電力レベルが変化するかどうかを判定する。既に述べたように、これには、マイクロ・コントローラに対する様々な入力をチェックすることを含ませることができる。次に、ステップS42で、レベルの全変化量を判定する。変化率は異なるが、出力が単に入力に追随している場合には、このステップは不要である。

【0048】それでも、次のステップ(S43)では、変化の割合を判定するのに、所望の変化量が有用となる。これには、緊急警告があるかどうかを判断するための、マイクロ・コントローラへの入力をチェックすることが含まれ、それは、通常のスイッチ・オン、スイッチ・オフという状態よりも、変化の割合が高いものに相当する。この変化率から、現在の周期に対する変化量を判定することができる。ループゲインKを設定して、所望の変化率を達成する。

【0049】次のステップ(S44)は、まず、設定レベルを所望の割合で変えることによって、送信機により出力される電力レベルを変化させるステップである。そうすることで、制御ループは、新たに設定されたレベルを達成しようとする(ステップS45)。この制御ループのタイミングは、このループが、電力設定レベルを制御しているループよりも、少くとも10倍高速に動作すべく設定される。それによって、1つのループにおける位相変化が、他のループに影響を及ぼさないことになる。

【0050】与えられた時間、あるいは与えられた回数の繰返しの後、あるいは、図4のステップS46に示すように、変化が終了したことを確かめて、設定レベルを再度、変更するための戻りループに抜ける。

【0051】図5は、マイクロ・コントローラが、スイッチ・オフ指示にどのように応答するかという特別な例について、その概略を示す。すなわち、ステップS51で、そのような指示を検出した後、ステップS52で、送信機の設定値が、図4に示すように次第に減少するように制御する。最後に、送信機内の光源がスイッチ・オフされる(ステップS53)。

【0052】図6は、送信機11、減衰器12、受信機13を含む光伝送システムを示す。この減衰器12は、制御手段14によって制御される。この制御手段14は、フェードイン/フェードアウト制御手段15に応じて動作可能である。フェードイン/フェードアウト制御手段15自身は、減衰器12への入力、すなわち、送信機11の出力側で検出した光信号電力レベルに応じて動

作できる。この減衰器12、あるいは、それと等価な減衰素子は、受信機13、あるいは光増幅器のような、電力変化を感知する光素子の前段において、光リンク中、どこに位置することもできる。これには、ファラデー回転を用いた電氣的に制御可能な減衰器が適しており、それについて、最近では富士通が製品発表している。

【0053】制御手段14、フェードイン/フェードアウト制御手段15は、従来のマイクロ・コントローラ、および、上述した関連回路によって実施することができる。

【0054】図示はしないが、この減衰器はさらに、送信機に対する遮断された指示に基づいて制御を行い、電力レベルを変更できる。さらに、フェードイン/フェードアウト制御手段15は、減衰器の出力側で測定した信号電力、すなわち、減衰器の入力側で測定された電力の代わりとなる電力に応じた動作が可能である、と考えることができる。

【0055】制御手段14とフェードイン/フェードアウト制御手段15の応答時間には限りがある。従って減衰器は、電力レベルが極端に速く遷移するものについては、それを完全に減衰することはできない。それでも減衰器は、下流側に位置する光感知素子に別な方法で擾乱を与える電力レベルの遷移形式の範囲に対しては、有益な影響を与える。

【0056】図7は、本発明に係る機能のいくつかを概略的に示している。減衰手段73が光経路中に与えられており、光信号の電力変化を感知する光素子71に至っている。この減衰手段は、代替りのものとして送信機に取り込まれたり、あるいは光経路中にあるもので、制御手段74によって制御される。この制御手段74は、光電力の変化を判定する手段72に対して応答する。この変化は、光電力の測定値より推論して判定したり、電力レベルを変更する指示、あるいは、電力レベルの変化につながる状態を示す警告の検出により確認することができる。

【0057】上述した実施の形態において、光素子は光増幅器であり、この光増幅器のポンプ電力は、光信号中の波長帯域の集合の中で測定された電力に応じて制御される。この集合が、上側電力閾値、および/または、下側電力閾値に最も近い帯域となるように選択された場合、全電力は、電力マージンが減少した状態で制御できる。これについては、その詳細が、本発明と同じ発明者による、「光素子用電力制御」と題するもう一つの米国特許出願に記載されている。

【0058】なお、上記の有用な機能は互いに組み合わせることができ、また、本発明のいかなる態様とも組み合わせることができる、ということは、当業者に明らかである。また、請求の範囲内において行う、その他の変更も、当業者には明らかである。

【0059】

【発明の効果】本発明によれば、光電力が変化するであろうことを判定し、その電力の変化を減衰させることで、電力変化が感知素子に到達する前に、それらが抑制されるので、システム性能が改善され、また、電力マージンを減少できる。

【0060】本発明によれば、電力レベルの変更指示を遮断することで、指示された変化が徐々に起こるようにして、この変化によって引き起こされる擾乱を低減できるようにする。

【0061】本発明によれば、変化の判定を、光電力の測定、およびその測定よりの推論を行って実行することで、予期しない変化を、それらが擾乱を起こす前に減衰することができる。

【0062】本発明によれば、1あるいはそれ以上の波長帯域を個別に減衰することで、変化に擾乱を起こすことなく、全電力を維持できる。

【0063】本発明によれば、電力レベルに適用される、徐々に変化を減少させる補正は、複数の波長に分配することができ、あるいは、仮の波長帯域を安定した全電力の維持のために純粋に使用することができる。

【0064】また、本発明によれば、減衰ステップに光信号の光源の出力電力を制御するステップを含ませることで、既存の制御回路をほとんど改造せずに使用できる。

【0065】さらに、本発明によれば、波長帯域の集合における電力に応じて、光増幅器の電力出力を制御することで、さらに電力マージンを減らすことができる。

【0066】本発明によれば、変化量に応じて所望の減衰率を判定し、その変化を完了する所望の時間を判定することで、減衰率を状況に合致させて制御できる。

【0067】本発明によれば、光伝送システムの送信機の制御方法において、送信機の出力電力の変更指示を、いつ受信したかを判定するステップと、その命令に応じて、上記送信機の通常の応答速度より遅い速度で、上記出力電力を変化させるステップとを備えることで、望ましくない高速な変化を減衰させることができる。

【0068】また、本発明によれば、光伝送システムにおける光電力減衰素子の制御方法において、光電力減衰素子の入力側における光電力の変化が、いつあるかを判定するステップと、上記光電力減衰素子の出力が低速で、対応する変化をなすように、上記光電力の変化を減

衰させるステップとを備えることで、既送信した電力の高速な変化を減衰することができる。

【0069】また、本発明によれば、光電力の変化を感知する素子の光経路に安定化信号を導き、この安定化信号の電力を制御して、送信した他の信号の少なくともいくつかの電力レベルの変化を補償することを、減衰の有無とは無関係に実行でき、また、全電力を一定にすることを達成できる。

【0070】本発明によれば、安定化信号を情報の搬送に使用することで、この安定化信号が疑似的な信号の場合でも、全帯域の改善がなされる。

【0071】本発明によれば、情報を低速で搬送することで、受信機が大きな電力遷移状態に対処できる。

【0072】また、本発明によれば、情報を低速で搬送し、あるいは、冗長度を大きくして搬送することで、エラー措置を改善することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態を概略的に示す図である。

【図2】 本発明の他の実施の形態を概略的に示す図である。

【図3】 図2の送信機をより詳細に示す図である。

【図4】 本発明に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図5】 本発明に係る電力制御方法の他の例についてのフローチャートである。

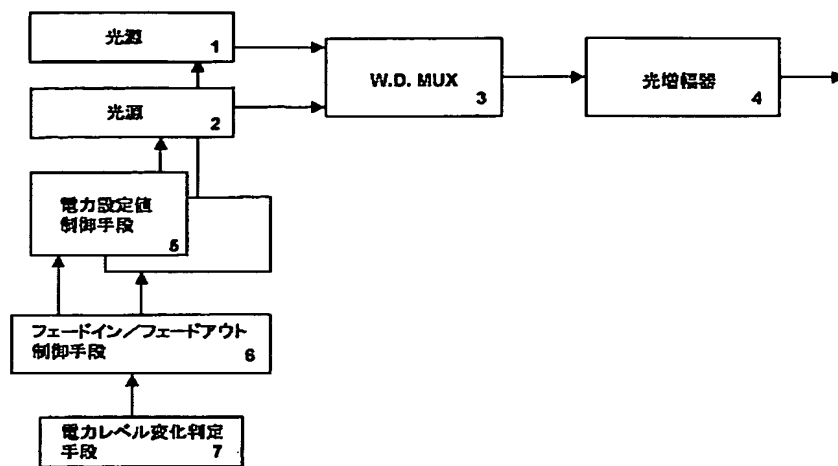
【図6】 本発明の特徴を表す他の光伝送システムを示す図である。

【図7】 本発明に係る他の例を概略的に示す図である。

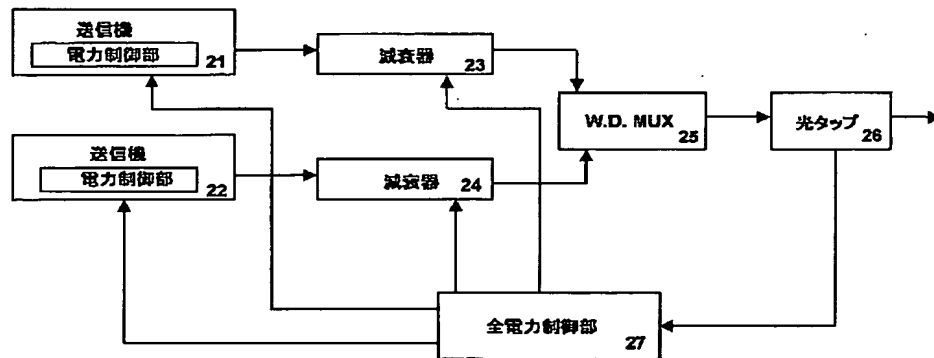
#### 【符号の説明】

1, 2…光源、3…波長分割多重回路、4…光増幅器、5…電力設定値制御手段、6…フェードイン／フェードアウト制御手段、7…電力レベル変化判定手段、21, 22…送信機、23, 24…減衰器、25…波長分割多重機能部、26…光タップ、27…全電力制御部、31…レーザ、32…外部変調器、33…光タップ、34…光電変換器、35…A/D（アナログ／デジタル）変換器、36…マイクロ・コントローラ、37…デジタル／アナログ（D/A）変換器、38…増幅器

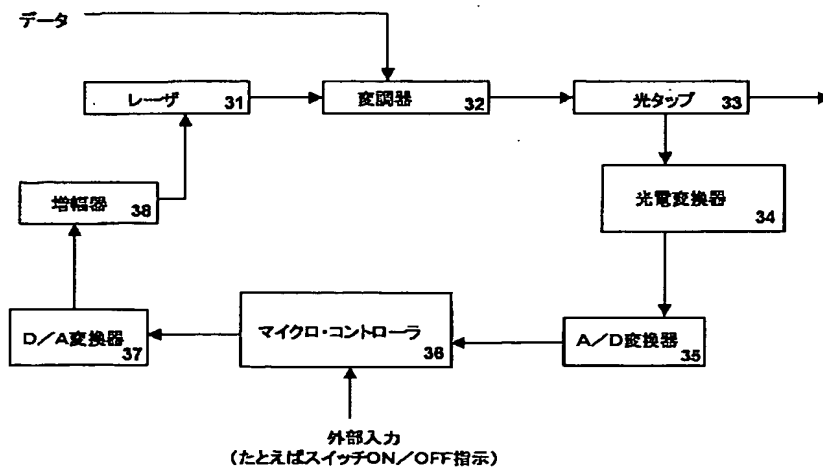
【図1】



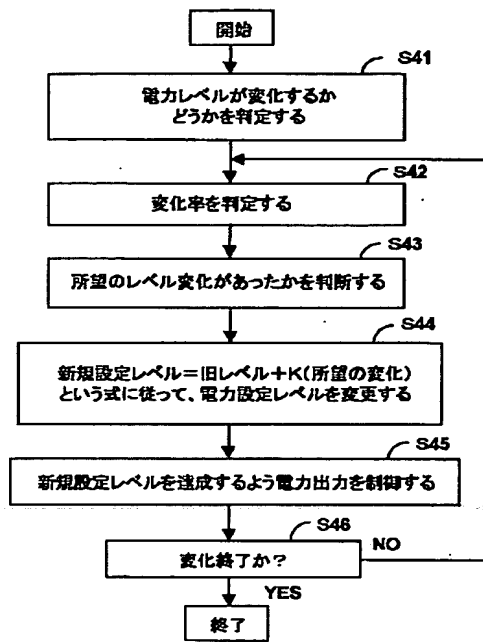
【図2】



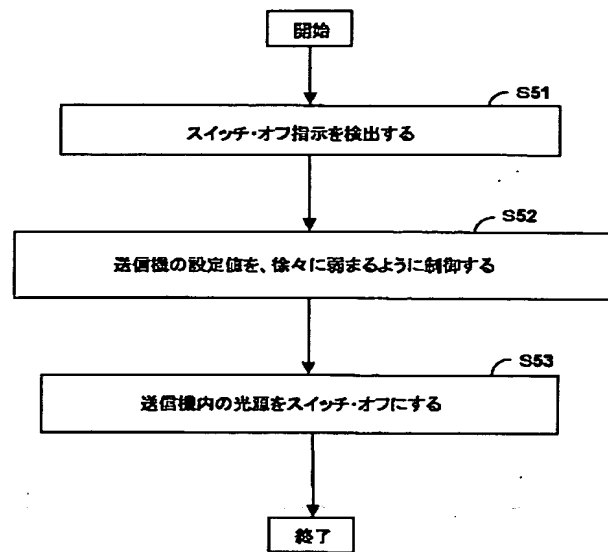
【図3】



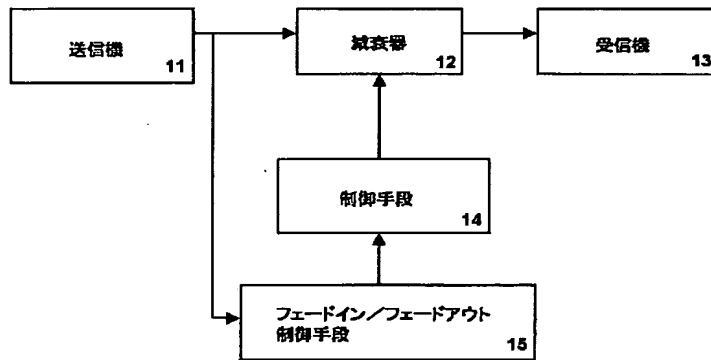
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

